

**WIDE ANGLE ZOOM LENS**

**Patent number:** JP10104520  
**Publication date:** 1998-04-24  
**Inventor:** MISAWA JUNICHI  
**Applicant:** NIKON CORP  
**Classification:**  
- **International:** G02B15/20; G02B13/18  
- **European:**  
**Application number:** JP19960277170 19960927  
**Priority number(s):**

**Also published as:**

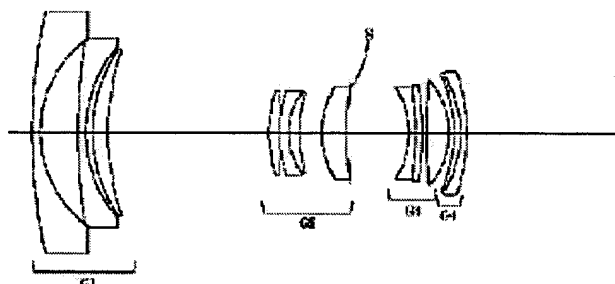


JP10104520 (A)

**Abstract of JP10104520**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a wide angle zoom lens which has a sufficiently large photographing angle of view at a wide angle end, has a variable power ratio exceeding two times and is well corrected of various aberrations by constituting the zoom lens so as to satisfy specific conditions.

**SOLUTION:** This wide angle zoom lens has a first lens group G1 having negative refracting power, a second lens group G2 having positive refracting power and a third lens group G3 having positive refracting power. The one lens face of the lens faces constituting the first lens group G1 is formed to an aspherical shape. At the time of variable magnification from the wide angle end to the telephoto end, the first lens group G1 to the third lens group G3 move in such a manner that the air spacing between the first lens group G1 and the second lens group G2 decreases and the air spacing between the second lens group G2 and the third lens group G3 decreases. The conditions  $-1.2 < f_1/f_t < -0.4$ ,  $0.5 < f_2/f_t < 0.35$  are satisfied. In the equations,  $f_1$  denotes the focal length of the first lens group G1;  $f_2$  denotes the focal length of the second lens group G2 and further,  $f_t$  denotes the focal length of the entire system at the telephoto end.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Patent Abstracts of Japan

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-104520

(43)公開日 平成10年(1998) 4月24日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

G 0 2 B 15/20

13/18

識別記号

F I

G 0 2 B 15/20

13/18

審査請求 未請求 請求項の数5 F D (全 13 頁)

(21)出願番号

特願平8-277170

(22)出願日

平成8年(1996) 9月27日

(71)出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72)発明者 三澤 純一

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株

式会社ニコン内

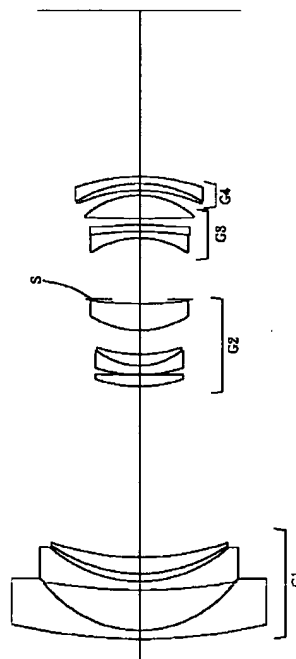
(74)代理人 弁理士 山口 孝雄

(54)【発明の名称】 広角ズームレンズ

(57)【要約】

【課題】 広角端での撮影画角が十分大きく、2倍を超える変倍比を有し、諸収差の良好に補正された広角ズームレンズ。

【解決手段】 第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、負レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズとを有し、第2レンズ群G2は、少なくとも1つの物体側に凸面を向けた正レンズを有し、第3レンズ群G3は、少なくとも1つの物体側に凹面を向けた負レンズを有する。第1レンズ群G1を構成するレンズ面のうち少なくとも1つのレンズ面は非球面状に形成されている。変倍に際して第1レンズ群G1乃至第3レンズ群G3は移動し、所定の条件式(1)および(2)を満足する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3とを備え、前記第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、負レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズとを有し、

前記第2レンズ群G2は、少なくとも1つの物体側に凸面を向けた正レンズを有し、

前記第3レンズ群G3は、少なくとも1つの物体側に凹面を向けた負レンズを有し、

前記第1レンズ群G1を構成するレンズ面のうち少なくとも1つのレンズ面は非球面状に形成され、

広角端から望遠端への変倍に際して、前記第1レンズ群G1と前記第2レンズ群G2との空気間隔は減少し、前記第2レンズ群G2と前記第3レンズ群G3との空気間隔は減少するように、前記第1レンズ群G1乃至前記第3レンズ群G3は移動し、

前記第1レンズ群G1の焦点距離を $f_1$ とし、前記第2レンズ群G2の焦点距離を $f_2$ とし、望遠端での全系の焦点距離を $f_t$ としたとき、

$$-1.2 < f_1 / f_t < -0.4$$

$$0.5 < f_2 / f_t < 3.5$$

の条件を満足することを特徴とする広角ズームレンズ。

【請求項2】 前記第3レンズ群G3は、少なくとも1つの正レンズと、少なくとも1つの負レンズとを有し、前記第3レンズ群G3の焦点距離を $f_3$ とし、前記第3レンズ群G3を構成する負レンズのうち最も強い屈折力を有する負レンズの焦点距離を $f_{3n}$ としたとき、

$$-1.1 < f_{3n} / f_3 < -0.1$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1に記載の広角ズームレンズ。

【請求項3】 前記第2レンズ群G2は、正レンズと負レンズとの接合レンズを少なくとも1つ有し、

前記第2レンズ群G2の焦点距離を $f_2$ とし、前記第2レンズ群G2の最も物体側のレンズ面の曲率半径を $r_a$ としたとき、

$$0.2 < r_a / f_2 < 1$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1または2に記載の広角ズームレンズ。

【請求項4】 前記第3レンズ群G3の像側に配置され、変倍および合焦に際して固定の第4レンズ群G4をさらに備え、

前記第3レンズ群G3を構成するレンズ面のうち少なくとも1つのレンズ面は非球面状に形成され、

前記第2レンズ群G2の一部を構成するフォーカシングレンズ群を移動させることによって、遠距離物体から近距離物体への合焦を行い、

前記フォーカシングレンズ群は、正レンズと負レンズとの接合レンズを有し、

前記フォーカシングレンズ群中の前記接合レンズの接合面の中心曲率半径を $r_b$ とし、前記フォーカシングレンズ群の焦点距離を $f_2f$ とし、前記フォーカシングレンズ群中の前記接合レンズの正レンズの $d$ 線に対する屈折率を $N_p$ とし、前記フォーカシングレンズ群中の前記接合レンズの負レンズの $d$ 線に対する屈折率を $N_n$ とし、無限遠合焦状態での広角端における前記フォーカシングレンズ群の使用倍率を $\beta_{fw}$ とし、無限遠合焦状態での望遠端における前記フォーカシングレンズ群の使用倍率を $\beta_{ft}$ としたとき、

$$0.1 < r_b / f_2f < 0.3$$

$$0.25 < N_n - N_p$$

$$|\beta_{fw} / \beta_{ft}| < 6$$

の条件を満足することを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の広角ズームレンズ。

【請求項5】 前記第1レンズ群G1、前記第2レンズ群G2、および前記第3レンズ群G3のみから構成され、

前記第3レンズ群G3を構成するレンズ面のうち少なくとも1つのレンズ面は非球面状に形成され、

前記第1レンズ群G1を移動させることによって、遠距離物体から近距離物体への合焦を行うことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の広角ズームレンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は広角ズームレンズに関し、特に一眼レフレックスカメラおよび電子スチルカメラなどに好適な広角ズームレンズに関する。

【0002】

【従来の技術】現在、一眼レフカメラ用の広角ズームレンズとしては、広角端での撮影画角が $100^\circ \sim 94^\circ$ 程度で、ズーム比（変倍比）が2倍以下のズームレンズが商品化されている。例えば、特開平5-173071号公報には、広角端での撮影画角が $94^\circ$ 程度で、ズーム比が1.75倍程度で、物体側から順に負・正・負・正の屈折力を有する4群構成のズームレンズが開示されている。しかしながら、最近では、広角端での撮影画角がより大きく且つズーム比が2倍を超える広角ズームレンズに対する要求が高まっている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】一般に、ズームレンズにおいて各レンズ群のパワー（屈折力）を強くすれば、各レンズ群の変倍移動量が減り、小型化および高変倍化を達成することができる。しかしながら、各レンズ群のパワーを単に強くすると、各レンズ群で発生する収差量が激増し、良好な光学性能を得ることは困難になる。

【0004】本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、広角端での撮影画角が十分大きく、2倍を超える変倍比を有し、諸収差の良好に補正された広角ズー

ムレンズを提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために、本発明においては、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3とを備え、前記第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと、負レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズとを有し、前記第2レンズ群G2は、少なくとも1つの物体側に凸面を向けた正レンズを有し、前記第3レンズ群G3は、少なくとも1つの物体側に凹面を向けた負レンズを有し、前記第1レンズ群G1を構成するレンズ面のうち少なくとも1つのレンズ面は非球面状に形成され、広角端から望遠端への変倍に際して、前記第1レンズ群G1と前記第2レンズ群G2との空気間隔は減少し、前記第2レンズ群G2と前記第3レンズ群G3との空気間隔は減少するように、前記第1レンズ群G1乃至前記第3レンズ群G3は移動し、前記第1レンズ群G1の焦点距離を $f_1$ とし、前記第2レンズ群G2の焦点距離を $f_2$ とし、望遠端での全系の焦点距離を $f_t$ としたとき、

$$-1.2 < f_1 / f_t < -0.4$$

$$0.5 < f_2 / f_t < 3.5$$

の条件を満足することを特徴とする広角ズームレンズを提供する。

【0006】本発明の好ましい態様によれば、前記第3レンズ群G3は、少なくとも1つの正レンズと、少なくとも1つの負レンズとを有し、前記第3レンズ群G3の焦点距離を $f_3$ とし、前記第3レンズ群G3を構成する負レンズのうち最も強い屈折力を有する負レンズの焦点距離を $f_{3n}$ としたとき、

$$-1.1 < f_{3n} / f_3 < -0.1$$

の条件を満足する。また、前記第2レンズ群G2は、正レンズと負レンズとの接合レンズを少なくとも1つ有し、前記第2レンズ群G2の焦点距離を $f_2$ とし、前記第2レンズ群G2の最も物体側のレンズ面の曲率半径を $r_a$ としたとき、

$$0.2 < r_a / f_2 < 1$$

の条件を満足することが好ましい。

【0007】

【発明の実施の形態】本発明の広角ズームレンズは、物体側から順に、負屈折力の前群と正屈折力の後群との2群構成を基本形としている。そして、この正屈折力の後群を分割し、分割したレンズ群の相対位置を変化させることにより、広角ズームレンズにおいて重大な欠点である負の歪曲収差の補正を実現している。

【0008】まず、広角レンズでは、広角端においてバックフォーカスを確保する必要があるため、レトロフォーカスタイプのように前群の負レンズ群と後群の正レンズ群とを所定間隔だけ離して配置する。また、光彩絞り

(開口絞り)を後群中かあるいは後群の直前(物体側近傍)に配置し、光彩絞りを後群と一体的に移動させるのが一般的である。ここで、前群は強い負のパワー(屈折力)を保持しており且つ光彩絞りから離れて配置されるので、前群への主光線の入射高が大きくなり、負の歪曲収差が発生してしまう。

【0009】この負の歪曲収差に対する対応策としては、前群である負レンズ群のパワーを弱くすることや、負レンズ群のレンズ枚数を増やして前群内部で収差補正することが考えられる。しかしながら、いずれの場合も、レンズ系全体の大型化を招いてしまうので好ましくない。そこで、光彩絞りよりも前方(物体側)に正レンズ群を配置するか光彩絞りよりも後方(像側)に負レンズ群を配置し、正の歪曲収差を発生させて負の歪曲収差を補正することが考えられる。

【0010】本発明では、後群は全体として正のパワーを有するので、光彩絞りよりも前方に正レンズ群を配置している。また、光彩絞りよりも後方には強い負のパワーを有するレンズを含んだ正レンズ群を配置している。こうして、物体側から順に、負レンズ群と正レンズ群と光彩絞りと正レンズ群とを配置することにより、全系をコンパクトに構成している。上述したように、光彩絞りよりも後方に配置される正レンズ群は、強い負のパワーを有するレンズを含んでいる。したがって、正の歪曲収差を発生させて負の歪曲収差の補正を行うには、光彩絞りよりも後方に配置される正レンズ群に入射する主光線の入射高ができるだけ大きくなるように構成することが効果的である。

【0011】具体的には、広角端から望遠端への変倍に際して、光彩絞りとその後方に配置される正レンズ群との間隔が減少するようにズーム移動軌跡を設定すれば、広角端において光彩絞りの後方に配置される正レンズ群に入射する主光線の入射高は大きくなり、歪曲収差に対する補正効果は高まる。さらに、光彩絞りの後方に配置される正レンズ群が正の歪曲収差を発生するようなレンズ構造にすることが必要である。例えば、光彩絞りの後方に配置される正レンズ群において、強い負のパワーを有するレンズ面は必要であるが、物体側に凸面を向けた面であって中心から周辺にかけて正のパワーが弱くなるような非球面の導入なども効果的である。

【0012】そこで、本発明の各実施例では、3群構成のレンズ配置を採用し、物体側から順に、負のパワーを有する第1レンズ群G1と、正のパワーを有する第2レンズ群G2と、光彩絞りと、強い負のパワーを有する負レンズを含んで全体として正のパワーを有する第3レンズ群G3とを備えている。そして、広角端から望遠端への変倍に際して第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔が減少し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔が減少するように、第1レンズ群G1～第3レンズ群G3を移動させている。

【0013】また、本発明の各実施例では、第1レンズ群G1において像側に凹面を向けた負のパワーを有する面に、中心から周辺に向かって負の屈折力が弱くなるような形状の非球面を使用している。なお、中心曲率を小さくし周辺に向かって負のパワーを増加させても、非球面の効果により、広角側での歪曲収差および望遠側での\*

$$-1.2 < f1/f t < -0.4$$

$$0.5 < f2/f t < 3.5$$

ここで、

f1：第1レンズ群G1の焦点距離

f2：第2レンズ群G2の焦点距離

f t：望遠端での全系の焦点距離

【0015】条件式(1)は、望遠端での全系の焦点距離f tに対する第1レンズ群G1の焦点距離f1の割合について適切な範囲を規定している。条件式(1)の上限値を上回ると、第1レンズ群G1のパワーが弱くなる。その結果、軸外光束を入射させるために第1レンズ群G1の前玉の外径が大きくなり、レンズ系が大型化してしまう。逆に、条件式(1)の下限値を下回ると、第1レンズ群G1のパワーが強くなり、小型化には好適である。しかしながら、広角側での歪曲収差および望遠側での球面収差が発生し、この収差補正が困難になってしまう。なお、条件式(1)の上限値を-0.5に、下限値を-1に設定することがさらに好ましい。

【0016】条件式(2)は、望遠端での全系の焦点距離f tに対する第2レンズ群G2の焦点距離f2の割合について適切な範囲を規定している。条件式(2)は、※

$$-1.1 < f3n/f3 < -0.1$$

ここで、

f3：第3レンズ群G3の焦点距離

f3n：第3レンズ群G3を構成する負レンズのうち最も強い屈折力を有する負レンズの焦点距離

【0019】条件式(3)は、第3レンズ群G3中においてパワーの最も強い負レンズL3nの焦点距離f3nと第3レンズ群G3の焦点距離f3との比について適切な範囲を規定している。条件式(3)の下限値を下回ると、第3レンズ群G3中においてパワーの最も強い負レンズL3nのパワーが弱くなり、第3レンズ群G3での正の歪曲収差の発生量が減少するので、好ましくない。逆に、条件式(3)の上限値を上回ると、第3レンズ群G3中★40

$$0.2 < r a / f2 < 1$$

ここで、

f2：第2レンズ群G2の焦点距離

r a：第2レンズ群G2の最も物体側のレンズ面の曲率半径

【0021】条件式(4)は、第2レンズ群G2の最も物体側のレンズ面の曲率半径と第2レンズ群G2の焦点距離との比について適切な範囲を規定している。条件式(4)の下限値を下回ると、第2レンズ群G2の最も物体側の面のパワーが強くなり、望遠端において負の球面

\*球面収差を減少させることが可能である。さらに、非球面の導入により、第1レンズ群G1のレンズ枚数を減少させることもでき、レンズ全体の小型化にも役立つ。

【0014】以下、本発明の各条件式について説明する。本発明においては、以下の条件式(1)および(2)を満足する。

(1)

(2)

※第2レンズ群G2の変倍移動量に関する条件である。条件式(2)の上限値を上回ると、第2レンズ群G2のパワーが弱くなり、所定の変倍比を得るために必要な第2レンズ群G2の変倍移動量が増えてしまう。その結果、レンズ全長が大きくなり、レンズ系が大型化してしまう。

【0017】逆に、条件式(2)の下限値を下回ると、第2レンズ群G2のパワーが強くなり、小型化には好適である。しかしながら、広角側でのバックフォーカスの低下を招くので、第1レンズ群G1のパワーおよび第3レンズ群G3のパワーも強くしなければならなくなる。その結果、各レンズ群において収差が発生し、この収差補正が困難になってしまう。なお、条件式(2)の上限値を3に、下限値を0.7に設定することがさらに好ましい。

【0018】また、本発明では、第3レンズ群G3が少なくとも1つの正レンズと少なくとも1つの負レンズとを有し、以下の条件式(3)を満足することが望ましい。

(3)

★においてパワーの最も強い負レンズL3nのパワーが強くなり、第3レンズ群G3での正の歪曲収差の発生量が増えるので、広角側での歪曲収差の補正は良好になる。しかしながら、望遠側での正の球面収差が多発に発生するので、好ましくない。なお、条件式(3)の上限値を-0.2に、下限値を-0.9に設定することがさらに好ましい。

【0020】また、本発明においては、第2レンズ群G2が正レンズと負レンズとの接合レンズを少なくとも1つ有し、以下の条件式(4)を満足することが望ましい。

(4)

収差が多発に発生してしまう。逆に、条件式(4)の上限値を上回ると、第2レンズ群G2の最も物体側の面のパワーが弱くなり、内方性コマ収差が多発に発生してしまう。なお、条件式(4)の上限値を0.8に、下限値を0.3に設定することがさらに好ましい。

【0022】従来、このような広角ズームレンズでは、第1レンズ群G1を物体側へ移動させて近距離物体へのフォーカシング(合焦)を行う前玉繰り出し方式がよく用いられていた。しかしながら、前玉繰り出し方式で

は、近距離物体に対するフォーカシングの際に広角端において周辺光量が著しく低下する。周辺光量を十分に確保するためには前玉径をより大きくしなければならず、その結果、レンズ径およびフィルター径が大きくなるので好ましくない。さらに、最近のAF用レンズでは、フォーカシングレンズ群の移動量が大きいあるいはフォーカシングレンズ群の重量が大きいと、オートフォーカス駆動用のモーターに多大な負担がかかり、フォーカシング用の機構が大型化してしまう。

【0023】そこで、本発明では、後述の第1実施例において第2レンズ群G2の一部を構成するフォーカシングレンズ群を移動させて合焦を行うインナーフォーカスタイプのフォーカシング方式を採用している。一般に、フォーカシングレンズ群の移動量を減らすためには各レンズ群のパワーを強くすれば良いことは知られているが、各レンズ群のパワーを単に強くすると各レンズ群に\*

$$0.1 < r_b / f_{2f} < 0.3 \quad (5)$$

$$0.25 < N_n - N_p \quad (6)$$

$$|\beta_{fw} / \beta_{ft}| < 6 \quad (7)$$

【0026】ここで、

$r_b$  : フォーカシングレンズ群中の接合レンズの接合面の中心曲率半径

$f_{2f}$  : フォーカシングレンズ群の焦点距離

$N_p$  : フォーカシングレンズ群中の接合レンズの正レンズのd線に対する屈折率

$N_n$  : フォーカシングレンズ群中の接合レンズの負レンズのd線に対する屈折率

$\beta_{fw}$  : 無限遠合焦状態での広角端におけるフォーカシングレンズ群の使用倍率

$\beta_{ft}$  : 無限遠合焦状態での望遠端におけるフォーカシングレンズ群の使用倍率

【0027】フォーカシングレンズ群中の接合レンズの接合面において、フォーカシングの際の入射高の変化により、正の高次の球面収差が発生する。条件式(5)は、正の高次の球面収差の発生量をコントロールするために、フォーカシングレンズ群中の接合レンズの接合面のパワーを規定している。条件式(5)の下限値を下回ると、フォーカシングレンズ群中の接合レンズの接合面のパワーが強くなり、負の球面収差を補正しすぎてしまう。逆に、条件式(5)の上限値を上回ると、フォーカシングレンズ群中の接合レンズの接合面のパワーが弱いために、負の球面収差に対する補正量が不足してしまう。

【0028】条件式(6)は、正の高次の球面収差の発生量をコントロールするために、フォーカシングレンズ群中の接合レンズの正レンズの屈折率と負レンズの屈折率との差を規定している。条件式(6)の下限値を下回ると、屈折率差が小さくなり、正の高次の球面収差の発生量が減るので、負の球面収差の補正上好ましくない。

【0029】条件式(7)は、フォーカシングレンズ群

\*において収差が発生し過ぎてしまうので好ましくない。また、フォーカシングに伴う収差変動も発生してしまう。そこで、本発明では、各レンズ群およびレンズのパワー配置や形状などを最適な値に決定している。

【0024】本発明において、第2レンズ群G2の一部を構成するフォーカシングレンズ群を像側に移動させて近距離物体へのフォーカシングを行う場合、軸上の物体から発せられる光線束はフォーカシングレンズ群に入射する際に発散光束となる。このため、フォーカシングレンズ群への入射高が大きくなり、負の球面収差が多発に発生してしまう。

【0025】したがって、本発明では、負の球面収差の補正のために、フォーカシングレンズ群が正レンズと負レンズとの接合レンズを有し、以下の条件式(5)乃至(7)を満足することが望ましい。

20 で発生する収差を減少させるための条件であって、無限遠合焦状態での広角端におけるフォーカシングレンズ群の使用倍率と望遠端におけるフォーカシングレンズ群の使用倍率との比について適切な範囲を規定している。条件式(7)の上限値を上回ると、フォーカシングレンズ群の使用倍率が望遠端と広角端とで大きく異なる。その結果、望遠端から広角端までの変倍領域の全体に亘って近距離変動(近距離合焦に伴う収差変動)を低減することが困難になってしまう。

30 【0030】広角ズームレンズにおいて最も問題となるのが、歪曲収差の補正である。本発明では、変倍および合焦に際して固定の第4レンズ群G4に正レンズと負レンズとを1枚ずつ使用することにより、正の歪曲収差を発生させるのが好ましい。特に、第1実施例では、第4レンズ群G4を、物体側から順に、物体側に凹面を向けたレンズ成分と像側に凸面を向けたレンズ成分とで構成し、その2枚のレンズ成分で正の歪曲収差を発生させている。

【0031】

40 【実施例】以下、本発明の各実施例を、添付図面に基づいて説明する。各実施例において、本発明の広角ズームレンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3とを備えている。第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メネスカスレンズと、負レンズと、物体側に凸面を向けた正レンズとを有する。また、第2レンズ群G2は、少なくとも1つの物体側に凸面を向けた正レンズを有する。さらに、第3レンズ群G3は、少なくとも1つの物体側に凹面を向けた負レンズを有する。

【0032】各実施例において、非球面は、光軸に垂直

な方向の高さを $y$ 、高さ $y$ における光軸方向の変位置  
(サグ量)を $S(y)$ 、基準の曲率半径(近軸曲率半  
径)を $r$ 、円錐係数を $k$ 、 $n$ 次の非球面係数を $C_n$ とし\*

\*たとき、以下の数式(a)で表される。

【数1】

$$S(y) = (y^2 / r) / \{ 1 + (1 - k \cdot y^2 / r^2)^{1/2} \} \\ + C_2 \cdot y^2 + C_4 \cdot y^4 + C_6 \cdot y^6 + C_8 \cdot y^8 \\ + C_{10} \cdot y^{10} + \dots \quad (a)$$

各実施例において、非球面には面番号の右側に\*印を付している。

【0033】〔第1実施例〕図1は、本発明の第1実施例にかかる広角ズームレンズのレンズ構成を示す図である。図1のズームレンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、負の屈折力を有する第4レンズ群G4とから構成されている。第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ、および物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズから構成されている。

【0034】また、第2レンズ群G2は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズと物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合正レンズ、および物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズから構成されている。さらに、第3レンズ群G3は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズと物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズとの接合負レンズ、および両凸レンズから構成されている。また、第3レンズ群G3の像側には第4レンズ群G4が設けられている。第4レンズ群G4は、物体側から順に、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズと物体側に凹面を向けた負メニスカスレンズとの接合負レンズから構成されている。

※【0035】なお、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間には開口絞りSが設けられ、変倍に際して第2レンズ群G2と一体的に移動する。図2は、広角端におけるレンズ配置を示している。そして、望遠端への変倍に際して、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔は減少し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔は減少するように、第1レンズ群G1乃至第3レンズ群G3は移動する。ただし、第4レンズ群G4は、変倍中常に固定である。また、第2レンズ群G2中の物体側の正メニスカスレンズおよび接合正レンズは、フォーカシングレンズ群を構成している。そして、フォーカシングレンズ群を像側に移動させることによって、近距離物体へのフォーカシング(合焦)を行っている。

【0036】次の表(1)に、本発明の第1実施例の諸元の値を掲げる。表(1)において、 $f$ は焦点距離を、 $FNO$ はFナンバーを、 $2\omega$ は画角を、 $Bf$ はバックフォーカスを、 $\beta$ は撮影倍率を、 $d_0$ は物体から最も物体側のレンズ面までの光軸に沿った距離をそれぞれ表している。さらに、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序を、屈折率およびアッペ数はそれぞれ $d$ 線( $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ )に対する値を示している。

【0037】

※【表1】

| $f = 18.90 \sim 28.00 \sim 43.00$            |          |                  |      |         |
|--|----------|------------------|------|---------|
| $FNO = 3.6 \sim 3.6 \sim 3.6$                |          |                  |      |         |
| $2\omega = 97.63 \sim 75.3 \sim 53.34^\circ$ |          |                  |      |         |
| 面番号  | 曲率半径     | 面間隔              | アッペ数 | 屈折率     |
| 1  | 120.000  | 2.00             | 49.5 | 1.75492 |
| 2*   | 22.000   | 9.31             |      |         |
| 3  | 144.906  | 2.00             | 55.6 | 1.70551 |
| 4  | 30.000   | 1.70             |      |         |
| 5  | 34.463   | 3.73             | 23.0 | 1.88747 |
| 6  | 61.144   | ( $d_6 =$ 可変)    |      |         |
| 7  | 27.868   | 2.45             | 48.9 | 1.53932 |
| 8  | 462.243  | 0.10             |      |         |
| 9  | 33.197   | 2.10             | 46.5 | 1.81619 |
| 10   | 15.374   | 2.62             | 56.4 | 1.50756 |
| 11   | 34.492   | ( $d_{11} =$ 可変) |      |         |
| 12   | 22.015   | 6.03             | 70.4 | 1.49227 |
| 13   | 85.086   | 1.00             |      |         |
| 14   | $\infty$ | ( $d_{14} =$ 可変) |      | (開口絞りS) |

|                   |                            |                            |                            |         |        |        |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------|--------|--------|
| 11                |                            |                            |                            |         |        |        |
| 15                | -20.396                    | 1.50                       | 28.5                       | 1.81481 |        |        |
| 16                | -76.662                    | 1.50                       | 49.5                       | 1.75492 |        |        |
| 17*               | -54.843                    | 1.47                       |                            |         |        |        |
| 18                | 619.150                    | 5.13                       | 60.0                       | 1.64739 |        |        |
| 19                | -19.337                    | (d19=可変)                   |                            |         |        |        |
| 20                | -35.243                    | 1.60                       | 46.5                       | 1.81619 |        |        |
| 21                | -30.134                    | 1.50                       | 25.4                       | 1.82707 |        |        |
| 22*               | -39.851                    | B f                        |                            |         |        |        |
| (非球面データ)          |                            |                            |                            |         |        |        |
|                   | $\kappa$                   | $C_2$                      | $C_4$                      |         |        |        |
| 2面                | 0.0000                     | 0.0000                     | $2.19330 \times 10^{-6}$   |         |        |        |
|                   | $C_6$                      | $C_8$                      | $C_{10}$                   |         |        |        |
|                   | $-2.32950 \times 10^{-10}$ | $6.31760 \times 10^{-12}$  | $-9.47200 \times 10^{-15}$ |         |        |        |
|                   | $\kappa$                   | $C_2$                      | $C_4$                      |         |        |        |
| 17面               | 1.0000                     | 0.0000                     | $2.54230 \times 10^{-5}$   |         |        |        |
|                   | $C_6$                      | $C_8$                      | $C_{10}$                   |         |        |        |
|                   | $3.10650 \times 10^{-8}$   | $-2.53650 \times 10^{-11}$ | $-2.19650 \times 10^{-13}$ |         |        |        |
|                   | $\kappa$                   | $C_2$                      | $C_4$                      |         |        |        |
| 22面               | 1.0000                     | 0.0000                     | $5.28570 \times 10^{-6}$   |         |        |        |
|                   | $C_6$                      | $C_8$                      | $C_{10}$                   |         |        |        |
|                   | $3.55770 \times 10^{-9}$   | $-1.23020 \times 10^{-11}$ | $5.58200 \times 10^{-14}$  |         |        |        |
| (変倍および合焦における可変間隔) |                            |                            |                            |         |        |        |
| f/β               | 18.90                      | 28.00                      | 43.00                      | -0.07   | -0.09  | -0.15  |
| d0                | ∞                          | ∞                          | ∞                          | 253.74  | 267.69 | 267.77 |
| d6                | 38.63                      | 15.90                      | 1.00                       | 41.53   | 19.09  | 5.32   |
| d11               | 5.32                       | 5.32                       | 5.32                       | 2.42    | 2.13   | 1.00   |
| d14               | 13.83                      | 8.41                       | 3.00                       | 13.83   | 8.41   | 3.00   |
| d19               | 1.00                       | 15.16                      | 35.42                      | 1.00    | 15.16  | 35.42  |
| Bf                | 37.937                     | 38.109                     | 37.912                     | 37.895  | 38.238 | 38.034 |
| (条件対応値)           |                            |                            |                            |         |        |        |
| (1) f1/f t        | =-0.63                     |                            |                            |         |        |        |
| (2) f2/f t        | =0.94                      |                            |                            |         |        |        |
| (3) f3n/f3        | =-0.57                     |                            |                            |         |        |        |
| (4) ra/f2         | =0.69                      |                            |                            |         |        |        |
| (5) rb/f2f        | =0.16                      |                            |                            |         |        |        |
| (6) Nn-Np         | =0.30                      |                            |                            |         |        |        |
| (7)  βfw/βft      | =2.44                      |                            |                            |         |        |        |

【0038】図2乃至図7は、第1実施例の諸収差図である。図2は無限遠合焦状態での広角端における諸収差図であり、図3は無限遠合焦状態での中間焦点距離状態における諸収差図であり、図4は無限遠合焦状態での望遠端における諸収差図である。一方、図5は近距離撮影状態での広角端における諸収差図であり、図6は近距離撮影状態での中間焦点距離状態における諸収差図であり、図7は近距離撮影状態での望遠端における諸収差図である。

【0039】各収差図において、FNOはFナンバーを、NAは開口数を、Yは像高を、Dはd線( $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ )を、Gはg線( $\lambda = 435.8 \text{ nm}$ )をそれぞれ示している。また、非点収差を示す収差図において、

実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。各収差図から明らかなように、本実施例では、各撮影距離状態および各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、優れた結像性能が確保されていることがわかる。

【0040】〔第2実施例〕図8は、本発明の第2実施例にかかる広角ズームレンズのレンズ構成を示す図である。図8のズームレンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3とから構成されている。第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メネスカスレンズ、両凹レンズ、および両凸レンズから構成されている。ま



た、第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凸レンズと両凹レンズとの接合正レンズから構成されている。

【0041】さらに、第3レンズ群G3は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた正メネスカスレンズ、両凹レンズと物体側に凸面を向けた正メネスカスレンズとの接合負レンズ、および物体側に凹面を向けた正メネスカスレンズから構成されている。なお、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間には開口絞りSが設けられ、変倍に際して第2レンズ群G2と一体的に移動する。図8は、広角端におけるレンズ配置を示している。そして、望遠端への変倍に際して、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔は減少し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔は減少するように、第\*

\*1レンズ群G1乃至第3レンズ群G3は移動する。

【0042】次の表(2)に、本発明の第2実施例の諸元の値を掲げる。表(2)において、fは焦点距離を、FNOはFナンバーを、 $2\omega$ は画角を、Bfはバックフォーカスを、 $\beta$ は撮影倍率を、d0は物体から最も物体側のレンズ面までの光軸に沿った距離をそれぞれ表している。さらに、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序を、屈折率およびアッペ数はそれぞれd線( $\lambda = 587.6\text{nm}$ )に対する値を示している。

【0043】

【表2】

$$f = 18.90 \sim 28.00 \sim 43.00$$

$$FNO = 3.6 \sim 3.6 \sim 3.6$$

$$2\omega = 97.63 \sim 75.3 \sim 53.34^\circ$$

| 面番号 | 曲率半径     | 面間隔      | アッペ数 | 屈折率     |
|-----|----------|----------|------|---------|
| 1   | 120.000  | 1.80     | 49.4 | 1.77278 |
| 2*  | 22.000   | 11.92    |      |         |
| 3   | -203.504 | 1.50     | 46.5 | 1.80410 |
| 4   | 57.023   | 3.79     |      |         |
| 5   | 65.107   | 5.00     | 25.4 | 1.80518 |
| 6   | -249.139 | (d6= 可変) |      |         |
| 7   | 39.327   | 8.89     | 60.0 | 1.64000 |
| 8   | -40.612  | 1.50     | 43.3 | 1.84042 |
| 9   | 329.349  | 2.00     |      |         |
| 10  | $\infty$ | (d10=可変) |      | (開口絞りS) |
| 11  | 24.004   | 3.68     | 69.9 | 1.51860 |
| 12  | 461.381  | 10.89    |      |         |
| 13  | -40.509  | 1.50     | 28.5 | 1.79504 |
| 14  | 149.363  | 1.50     | 55.6 | 1.69680 |
| 15* | -292.209 | 2.66     |      |         |
| 16  | -55.378  | 3.45     | 69.9 | 1.51860 |
| 17  | -20.005  | Bf       |      |         |

(非球面データ)

|     | $\kappa$                 | $C_2$                      | $C_4$                     |
|-----|--------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 2面  | 0.0000                   | 0.0000                     | $3.72060 \times 10^{-8}$  |
|     | $C_6$                    | $C_8$                      | $C_{10}$                  |
|     | $1.30230 \times 10^{-9}$ | $-3.37130 \times 10^{-12}$ | $4.87300 \times 10^{-15}$ |
|     | $\kappa$                 | $C_2$                      | $C_4$                     |
| 15面 | 1.0000                   | 0.0000                     | $3.09420 \times 10^{-8}$  |
|     | $C_6$                    | $C_8$                      | $C_{10}$                  |
|     | $1.77060 \times 10^{-9}$ | $-9.65600 \times 10^{-11}$ | $8.87960 \times 10^{-14}$ |

(変倍における可変間隔)

|     |          |          |          |
|-----|----------|----------|----------|
| f   | 18.90    | 28.00    | 43.00    |
| d0  | $\infty$ | $\infty$ | $\infty$ |
| d6  | 45.48    | 19.64    | 3.44     |
| d10 | 16.97    | 8.53     | 1.00     |
| Bf  | 38.006   | 48.98    | 65.541   |

(条件対応値)

- (1)  $f_1/f_t = -0.82$   
 (2)  $f_2/f_t = 2.46$   
 (3)  $f_{3n}/f_3 = -0.76$   
 (4)  $r_a/f_2 = 0.37$

【0044】図9乃至図11は、第2実施例の諸収差図である。図9は無限遠合焦状態での広角端における諸収差図であり、図10は無限遠合焦状態での中間焦点距離状態における諸収差図であり、図11は無限遠合焦状態での望遠端における諸収差図である。各収差図において、FNOはFナンバーを、Yは像高を、Dはd線 ( $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ) を、Gはg線 ( $\lambda = 435.8 \text{ nm}$ ) をそれぞれ示している。また、非点収差を示す収差図において、実線はサジタル像面を示し、破線はメリディオナル像面を示している。各収差図から明らかなように、本実施例では、各撮影距離状態および各焦点距離状態において諸収差が良好に補正され、優れた結像性能が確保されていることがわかる。

【0045】〔第3実施例〕図12は、本発明の第3実施例にかかる広角ズームレンズのレンズ構成を示す図である。図12のズームレンズは、物体側から順に、負の屈折力を有する第1レンズ群G1と、正の屈折力を有する第2レンズ群G2と、正の屈折力を有する第3レンズ群G3と、正の屈折力を有する第4レンズ群G4とから構成されている。第1レンズ群G1は、物体側から順に、物体側に凸面を向けた負メニスカスレンズ、両凹レンズ、および両凸レンズから構成されている。また、第2レンズ群G2は、物体側から順に、両凸レンズと両凹レンズとの接合正レンズから構成されている。

【0046】さらに、第3レンズ群G3は、物体側から\*

$$f = 18.90 \sim 28.00 \sim 43.00$$

$$FNO = 3.6 \sim 3.6 \sim 3.6$$

$$2\omega = 97.63 \sim 75.3 \sim 53.34^\circ$$

| 面番号 | 曲率半径      | 面間隔      | アッペ数 | 屈折率     |
|-----|-----------|----------|------|---------|
| 1   | 120.000   | 1.80     | 52.3 | 1.74809 |
| 2*  | 22.000    | 11.80    |      |         |
| 3   | -356.320  | 1.50     | 46.5 | 1.80410 |
| 4   | 62.428    | 5.34     |      |         |
| 5   | 73.194    | 5.00     | 23.0 | 1.86074 |
| 6   | -2087.035 | (d6=可変)  |      |         |
| 7   | 40.078    | 6.92     | 60.0 | 1.64000 |
| 8   | -38.912   | 1.50     | 43.3 | 1.84042 |
| 9   | 399.976   | 2.00     |      |         |
| 10  | $\infty$  | (d10=可変) |      | (開口絞りS) |
| 11  | 24.546    | 3.73     | 69.9 | 1.51860 |
| 12  | 1357.492  | 11.42    |      |         |
| 13  | -40.506   | 1.50     | 31.6 | 1.75692 |
| 14  | 70.165    | 1.50     | 67.8 | 1.59318 |
| 15* | -307.889  | (d15=可変) |      |         |
| 16  | -66.721   | 3.53     | 69.9 | 1.51860 |
| 17  | -20.617   | Bf       |      |         |

\*順に、物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズ、および両凹レンズと物体側に凸面を向けた正メニスカスレンズとの接合負レンズから構成されている。また、第3レンズ群G3の像側には第4レンズ群G4が設けられている。第4レンズ群G4は、物体側に凹面を向けた正メニスカスレンズから構成されている。

【0047】なお、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との間には開口絞りSが設けられ、変倍に際して第2レンズ群G2と一体的に移動する。図12は、広角端におけるレンズ配置を示している。そして、望遠端への変倍に際して、第1レンズ群G1と第2レンズ群G2との空気間隔は減少し、第2レンズ群G2と第3レンズ群G3との空気間隔は減少するように、第1レンズ群G1乃至第4レンズ群G4は移動する。

【0048】次の表(3)に、本発明の第3実施例の諸元の値を掲げる。表(3)において、fは焦点距離を、FNOはFナンバーを、 $2\omega$ は画角を、Bfはバックフォーカスを、 $\beta$ は撮影倍率を、d0は物体から最も物体側のレンズ面までの光軸に沿った距離をそれぞれ表している。さらに、面番号は光線の進行する方向に沿った物体側からのレンズ面の順序を、屈折率およびアッペ数はそれぞれd線 ( $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ ) に対する値を示している。

【0049】

〔表3〕

|                |                            |                           |                            |
|----------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|
| 17<br>(非球面データ) |                            |                           |                            |
|                | $\kappa$                   | $C_2$                     | $C_4$                      |
| 2面             | 0.0000                     | 0.0000                    | $3.71340 \times 10^{-6}$   |
|                | $C_6$                      | $C_8$                     | $C_{10}$                   |
|                | $-5.70220 \times 10^{-11}$ | $2.13180 \times 10^{-12}$ | $-3.36050 \times 10^{-15}$ |
|                | $\kappa$                   | $C_2$                     | $C_4$                      |
| 15面            | 1.0000                     | 0.0000                    | $3.55830 \times 10^{-5}$   |
|                | $C_6$                      | $C_8$                     | $C_{10}$                   |
|                | $8.99390 \times 10^{-9}$   | $3.03650 \times 10^{-11}$ | $-5.23110 \times 10^{-13}$ |
| (変倍における可変間隔)   |                            |                           |                            |
| f              | 18.90                      | 28.00                     | 43.00                      |
| d0             | $\infty$                   | $\infty$                  | $\infty$                   |
| d6             | 44.17                      | 19.10                     | 2.94                       |
| d10            | 14.54                      | 8.31                      | 1.00                       |
| d15            | 1.77                       | 2.90                      | 3.19                       |
| Bf             | 38.096                     | 48.755                    | 65.386                     |
| (条件対応値)        |                            |                           |                            |
| (1)            | $f_1/f_t$                  | $= -0.82$                 |                            |
| (2)            | $f_2/f_t$                  | $= 2.52$                  |                            |
| (3)            | $f_{3n}/f_3$               | $= -0.24$                 |                            |
| (4)            | $r_a/f_2$                  | $= 0.37$                  |                            |

【0050】図13乃至図15は、第3実施例の諸収差図である。図13は無限遠合焦状態での広角端における諸収差図であり、図14は無限遠合焦状態での中間焦点距離状態における諸収差図であり、図15は無限遠合焦状態での望遠端における諸収差図である。各収差図において、FNOはFナンバーを、Yは像高を、Dはd線( $\lambda = 587.6 \text{ nm}$ )を、Gはg線( $\lambda = 435.8 \text{ nm}$ )をそれぞれ示している。また、非点収差を示す収差図において、実線はサジタル像面を示し、破線はメリディ

【0051】上述のように、本発明の各実施例において、広角端での撮影画角が97.7°程度で、開放Fナンバーが3.6程度とほぼ一定で、変倍比が2.3倍程度のズームレンズを実現している。

【0052】

【効果】以上説明したように、本発明によれば、広角端での撮影画角が十分大きく、2倍を超える変倍比を有し、諸収差の良好に補正された広角ズームレンズを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例にかかる広角ズームレンズのレンズ構成を示す図である。

【図2】第1実施例の無限遠合焦状態での広角端における諸収差図である。

【図3】第1実施例の無限遠合焦状態での中間焦点距離状態における諸収差図である。

【図4】第1実施例の無限遠合焦状態での望遠端における諸収差図である。

【図5】第1実施例の近距離撮影状態での広角端における諸収差図である。

【図6】第1実施例の近距離撮影状態での中間焦点距離状態における諸収差図である。

【図7】第1実施例の近距離撮影状態での望遠端における諸収差図である。

【図8】本発明の第2実施例にかかる広角ズームレンズのレンズ構成を示す図である。

【図9】第2実施例の無限遠合焦状態での広角端における諸収差図である。

【図10】第2実施例の無限遠合焦状態での中間焦点距離状態における諸収差図である。

【図11】第2実施例の無限遠合焦状態での望遠端における諸収差図である。

【図12】本発明の第3実施例にかかる広角ズームレンズのレンズ構成を示す図である。

【図13】第3実施例の無限遠合焦状態での広角端における諸収差図である。

【図14】第3実施例の無限遠合焦状態での中間焦点距離状態における諸収差図である。

【図15】第3実施例の無限遠合焦状態での望遠端における諸収差図である。

【符号の説明】

G1 第1レンズ群

G2 第2レンズ群

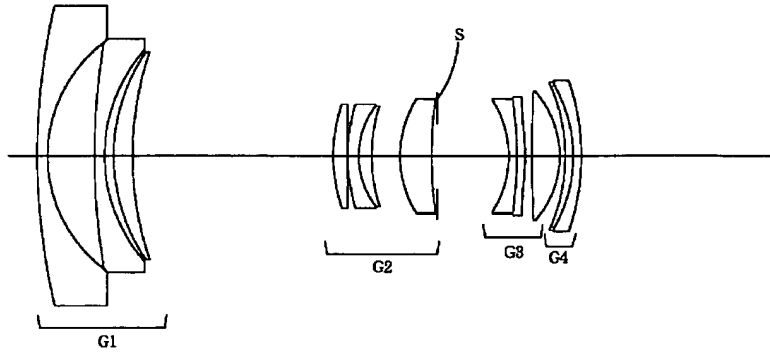
G3 第3レンズ群

G4 第4レンズ群

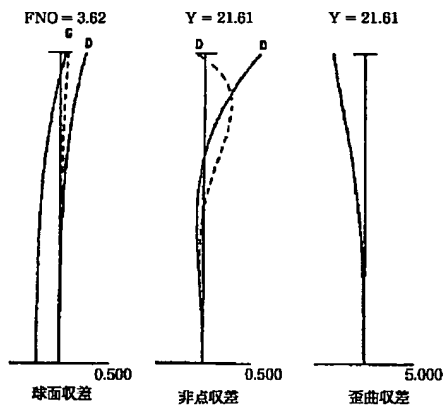
S 開口絞り

19

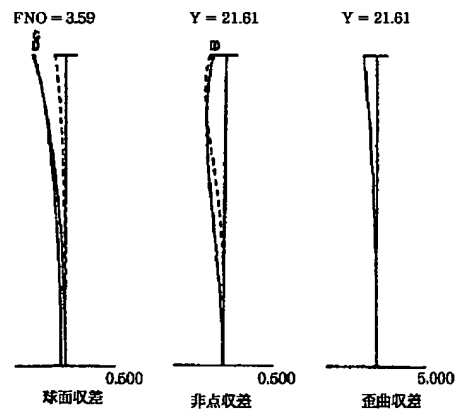
【図1】



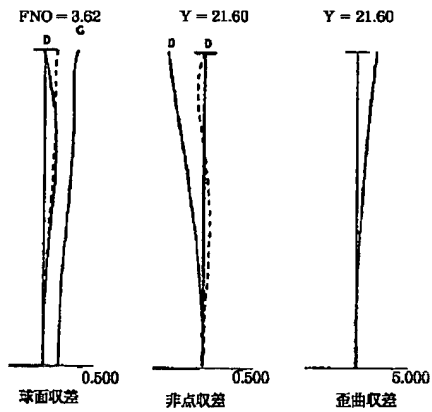
【図2】



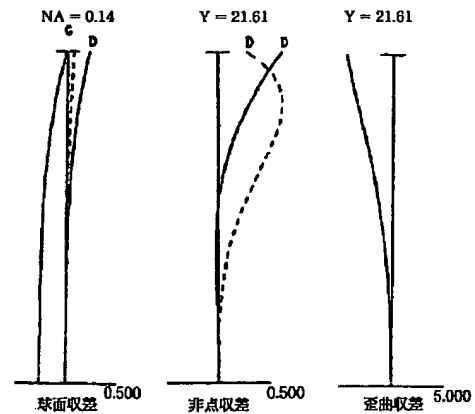
【図3】



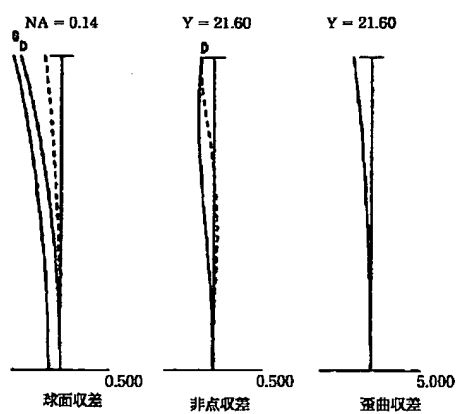
【図4】



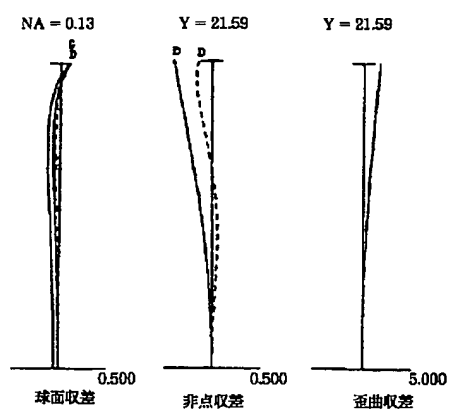
【図5】



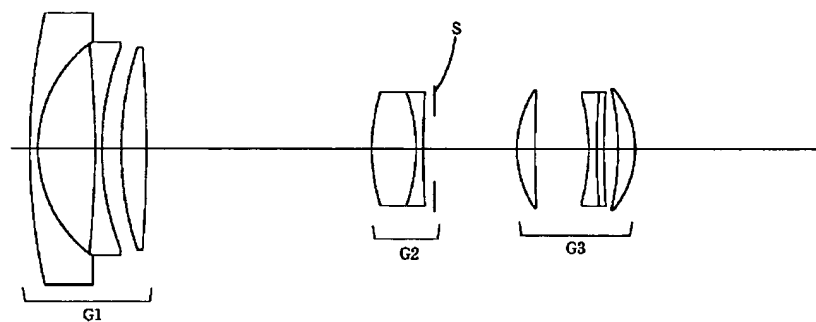
【図6】



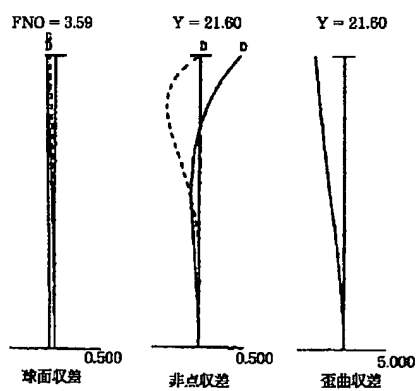
【図7】



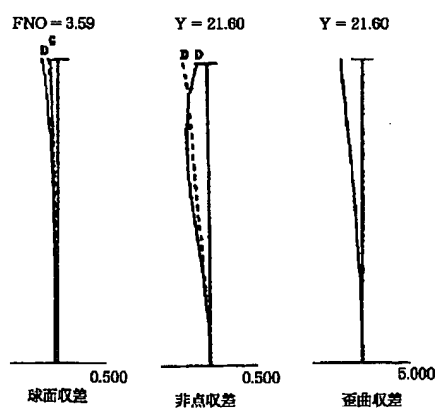
【図8】



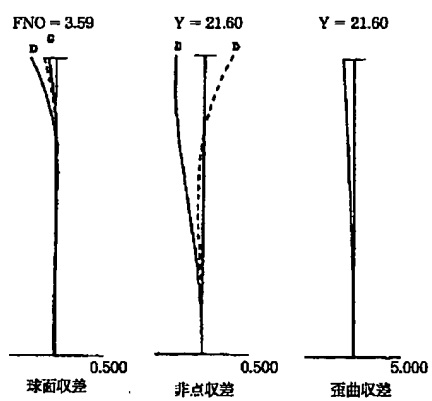
【図9】



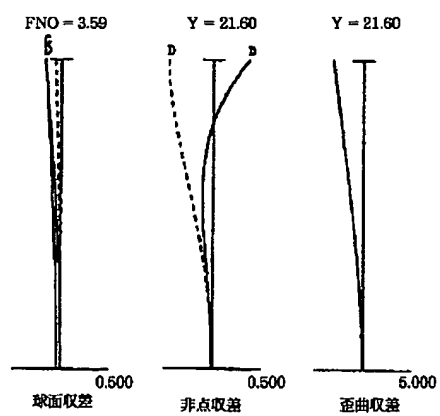
【図10】



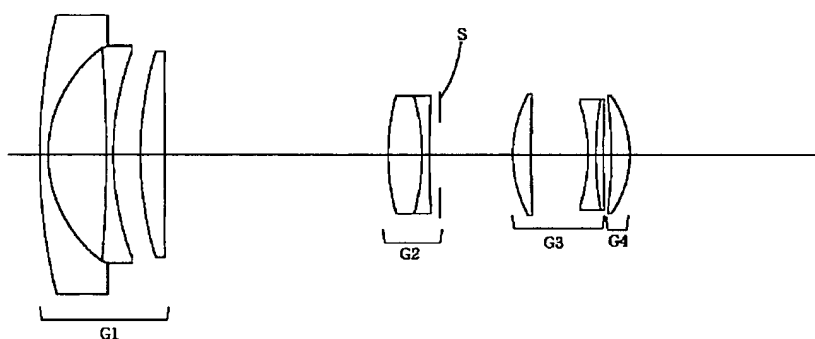
【図11】



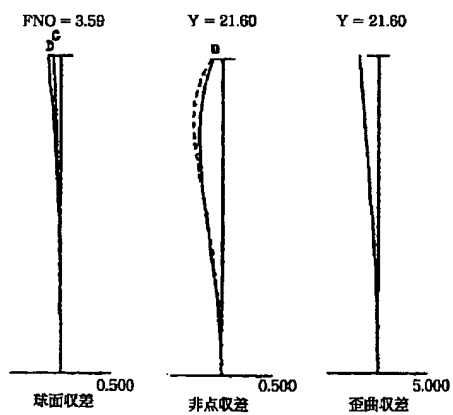
【図13】



【図12】



【図14】



【図15】

